

## 최속경로문제를 고려한 통합공급사슬 최적화에 관한 연구 A Study on the Optimization of Integrated Supply Chain using Quickest Path Method

권수태, 엄용호

전주대학교 정보기술컴퓨터공학부 정보시스템전공

Tel : 063-220-2590 Fax : 063-224-9920

E-Mail : kstfms@jeonju.ac.kr

### Abstract

Supply chain is the link that moves products between suppliers, manufactures, wholesalers, distribution, retailers and ended consumers. Supply chain management(SCM) is a way to supervise the flow of products, materials and information as they move along the supply chain. In the recent years, Most of the companies are in a hurry the introduction of SCM to obtain international competitiveness.

The goal of SCM is to optimize the supply chain, which can not only reduce inventories, but may also create a higher profit margin for finished goods by giving customers exactly what they want. There are four major decision areas (location, production, inventory, transportation) in supply chain management, and there are both strategic and operational elements in each of these decision areas.

This paper is concerned with the integrated production planning problem including not only the production cost but also the transportation cost in supply chains, and an efficient algorithm using genetic algorithm and quickest path method is presented to solve the problem.

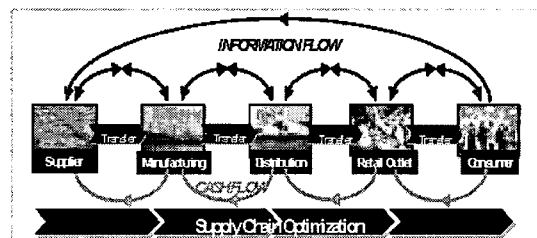
발의 속도를 높이고 있다.

이러한 경영환경의 변화는 기업들로 하여금 새로운 개념의 전략 (정확한 수요예측을 바탕으로 생산과 재고 및 수송에서 발생하는 비용을 절감하여 기업의 수익성 증대와 시장점유율 확대)을 모색하는 계기가 되었으며, 최근에 많은 기업들은 생산성 혁신과 효율성 증대뿐만 아니라 첨단 경쟁력을 얻기 위하여 정보통신기술의 급속한 발달로 인해 대두된 공급사슬관리에 큰 관심을 보이고 있다.

공급사슬관리는 원자재, 부품, 반제품의 공급을 담당하는 원자재 공급업체와 제품의 가치를 창조하는 기업간의 외부 프로세스, 기업의 내부 프로세스, 기업과 최종소비자를 연결하는 프로세스들 간에 정보, 자재, 자금의 흐름 관계를 하나로 통합하여 효율적으로 관리하는 방식으로, 궁극적으로는 최종소비자인 고객을 위한 가치를 생산하는 통합된 프로세스를 의미한다. 즉, 공급사슬관리는 원자재, 부품, 반제품 등의 구매와 조달뿐만 아니라 제품의 생산, 그리고 제품의 보관, 운송, 유통, 판매까지의 제품생산에 요구되는 모든 구성요소인 공급사슬 전체에 대한 합리화된 통합 관리시스템으로, 정보, 자재, 제품, 서비스, 자금 및 작업 프로세스의 흐름 등을 포함한다.

### 1. 서론

최근 기업의 경영환경은 급속하게 변화의 물결을 타고 있다. 과거 기업중심의 판매위주 경영방식에서 고객중심의 고객만족 경영방식으로 변화하였고, 시장의 세계화 추세에 따라 기업간 경쟁이 더욱 심화되는 한편, 시시각각 변하는 소비자의 기호에 따라 기업은 이에 적합한 제품과 서비스를 신속히 제공하기 위해 기술개



[그림 1] 공급사슬관리

공급사슬관리를 통하여 업무의 효율성을 향상시킬 수 있고, 그에 따른 부수 경비를 절감할

수 있으며, 제품의 재고 수량의 감소로 인한 재고유지비용을 절감할 수 있어서 생산성이 증대되고 제품의 품질이 높아져 시장의 빠른 변화에 대응할 수 있다. 이로 인하여, 국내외 많은 기업들이 급속한 경영변화와 치열한 경쟁에서 살아남기 위한 기업 경쟁전략의 일환으로 공급사슬관리를 도입하고 있으며, 학계에서도 공급사슬 전체의 효과적, 효율적인 운영을 위하여 폭넓은 연구가 진행되고 있다.

Cohen과 Lee(1989)는 글로벌 생산·분배 네트워크에서의 자원 배치 결정을 지원하기 위하여 비선형 혼합정수 계획 모형을 개발하였으며, Chandra(1993)는 생산 주문비용과 동적수요를 고려하여 단일 공급자와 다수의 수요지를 갖는 문제를 분석하였고, Chandra와 Fisher(1994)는 동일한 공급사슬 상황에서 생산·분배문제를 2가지(분리, 통합)의 혼합정수계획 모형으로 표현하여 통합 생산·분배 문제의 중요성을 강조하였다.

Bhatnagar(1993) 등은 기존의 연구들을 세 가지 범주(공급과 생산계획, 생산과 분배계획, 재고와 분배계획)로 분류하여 공급사슬관리의 통합 의사결정문제로 고찰하였으며, Tomas와 Griffin(1996)은 이러한 3가지 분야에서의 통합 기능에 대한 연구들을 다루었다.

Bylka(1999)는 다기간(multi period), 단일단계(single vendor, Multi buyer) 공급사슬, 단일제품(single product) 상황에서 로트크기, 분배량, 재고량 결정 모형을 제시하였고, 장성원(2001) 등과 민유중(2002) 등은 다기간, 다단계, 다제품 상황에서 각각 유전알고리즘과 공생진화 알고리즘을 이용하여 생산량, 분배량, 재고량 결정모형을 제시하였다.

한편, 재고·수송문제를 대상으로 Bell(1983) 등은 소비자 수요예측, 최단경로 알고리즘, 혼합정수 최적화 모형 등의 하부 모듈들로 구성된 의사결정지원시스템을 개발하였으며, Larson(1988)은 전략 전술측면에서 차량수송비용을 최소화하는 연구를 하였고, Trudeau(1992) 등은 추계적(stochastic) 재고·수송문제를 풀기위한 알고리즘을 개발하였다.

본 연구는 단일제품, 단일단계, 다기간 공급사슬 상황에서 생산비용과 수송비용을 고려하여 생산계획 및 수송경로를 결정하는 생산·수송 문제를 다루며, 수송경로는 실제 교통정보(거리와 차선)를 바탕으로 최속경로 알고리즘(Quickest Path Algorithm)을 이용하고, 생산계획은 경험적인 기법인 유전알고리즘(Genetic Algorithm)을 이용하여 생산 및 수송문제를 통합관리할 수 있는 최적화 알고리즘을 제시한다.

본 논문의 구성은 2절에서 공급사슬상의 생

산·수송 문제를 기술하고, 3절과 4절에서는 최속경로를 이용한 수송경로 산출방법 및 유전 알고리즘을 이용한 생산비용 산출방법을 제시한다. 5절에서는 생산·수송문제의 최적화 알고리즘을 제시하여 적용하고, 6절에서는 결론 및 향후 연구방향을 제시한다.

## 2. 생산·수송 문제의 기술

생산문제에서는 생산준비비, 재고유지비, 생산비 등을 반영한 총 생산비용을 최소화하기 위하여 어느 기간에 얼마만큼을 생산하는지가, 수송문제에서는 총 수송비용을 최소화하기 위하여 생산된 제품을 어떤 경로를 통하여 얼마만큼 보내야 하는지가 중요한 의사결정문제이다.

독립된 각각의 문제에 대한 연구들은 기존에 많이 제시되어 있으나, 생산계획과 수송계획을 동시에 고려하여 통합한 연구들은 미미한 실정이다. 그런데, 통합공급사슬 상황에서는 생산된 제품을 기간별 수요에 맞게 최소의 비용으로 분배센터로 수송하는 수송경로 선정이 중요하며, 생산계획과 수송계획은 서로 밀접하게 연관되어 있어서 이들의 통합 연구가 절실히 필요한 실정이다.

이런 연유로, 본 연구에서는 단일제품, 단일단계, 다기간 공급사슬 상황을 대상으로 생산비용과 수송비용을 동시에 고려하여 통합한 생산·수송계획을 수립하고자 하며, 최속경로 알고리즘과 유전알고리즘을 이용하여 생산 및 수송문제를 통합 관리할 수 있는 최적화 알고리즘을 제시한다.

이를 위하여, 해당 제품 생산 공장과 분배센터는 미리 정해져 있으며, 분배센터에서의 각 기간별 수요량은 주어지고, 공장에서 분배센터에 이르는 여러 경로와 각 경로상의 실제 교통정보(각 도로의 소요시간 및 차선)는 알 수 있다고 가정한다(참고로 본 논문에서는 서울시 강남구 일대를 대상으로 함). 또한, 문제의 복잡도를 감소시키기 위하여 공장에서의 생산 및 재고능력과 수송에 대한 제약은 고려하지 않기로 한다.

## 3. 최속경로를 이용한 경로 선택 및 수송계획

최속경로문제는 최단경로문제의 변형으로, 각 노드간의 리드타임과 용량 또는 전송량이 주어졌을 때, 시작점에서 도착점까지의 총 전송시간이 최소인 경로를 찾는 것으로 Moore(1976)에

의해 처음으로 제안되었고, Chen과 Chin(1990)에 의해 구체적인 알고리즘이 제시되었다. 최속경로문제의 응용부문으로는 화물을 운송하는 물류 문제에서부터 최근 부각되고 있는 통신네트워크에 이르기까지 그 범위가 다양하다.

네트워크가 주어졌을 때, 전송량(정보 혹은 물량)  $\sigma$ 를 임의의 노드  $u$ 에서  $v$ 로 보내는데 걸리는 전송시간은 다음과 같이 표현된다.

$$t(\sigma, u, v) = t(u, v) + \frac{\sigma}{c(u, v)}$$

여기서,  $t(u, v)$ 는 노드  $u$ 에서 노드  $v$ 로 전송하는데 필요한 시간,  $c(u, v)$ 는 단위시간당 노드  $u$ 에서 노드  $v$ 로 보낼 수 있는 최대 정보량을 나타낸다.

또한, 노드  $v_1$ 에서 노드  $v_n$  ( $i=2, \dots, n-1$ ) 들을 거쳐 노드  $v_n$ 에 이르는 경로를  $p$ 라고 할 때, 경로  $p$ 를 통하여 전송량  $\sigma (> 0)$ 를 보내기 위해 필요한 총 전송시간은 다음과 같이 표현된다.

$$T(\sigma, p) = t(p) + \sigma/c(p)$$

여기서,

$$t(p) = \sum_{i=1}^{n-1} t(v_i, v_{i+1}),$$

$$c(p) = \min_{1 \leq i \leq n-1} c(v_i, v_{i+1}).$$

최속경로문제의 최적해를 구하는 방법은 다음과 같다.

단계 1. 주어진 네트워크의 아크 용량 중에서 서로 다른 값을 가지는 용량을 구하여 작은 값부터 큰 값 순으로 나열한다.

단계 2. 아크 용량이 가장 작은 값부터 가장 큰 값까지 해당 용량 이상을 가지는 아크들로 구성된 네트워크를 대상으로 최단 경로(Shortest Path)들을 구한다.

단계 3. 구해진 최단경로들 중 주어진 전송량을 전송하는데 걸린 시간이 가장 작은 경로를 구한다.

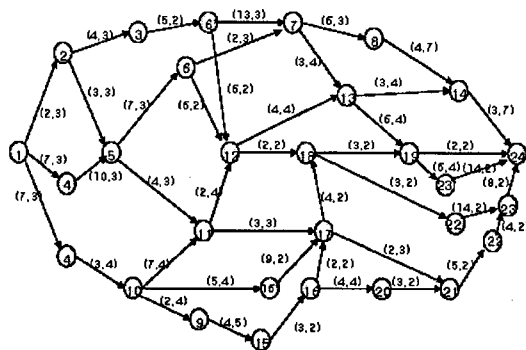
김성수(2001) 등이 다루었던 서울시 강남구의 교통지도[그림2]에 도로의 용량(차선수)을 고려한 네트워크[그림3]를 대상으로, 최속경로문제의 알고리즘을 단계 2까지 적용한 결과는 [표1]과 같으며, 가장 작은 값의 경로 용량으로 구한 최속경로는 경로 용량을 고려하지 않고 구한 최단경로와 같음을 알 수 있다.

또한, 전송량  $\sigma$  값의 변화에 따른 최속경로

를 구하면 [그림4]와 같으며, 각 경로별 총 전송시간이 같아지는  $(18 + \sigma/2, 21 + \sigma/3)$  전송량 18을 기준으로 최속경로가 달라지는 것을 볼 수 있다.

14

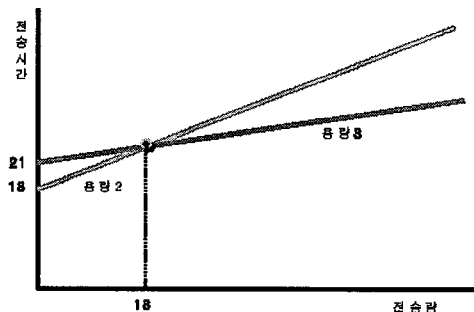
[그림 2] 서울특별시 강남구의 교통지도



[그림 3] 리드타임과 용량을 고려한 강남구 네트워크

[표 1] 경로 용량별 최적경로 및 총 전송시간

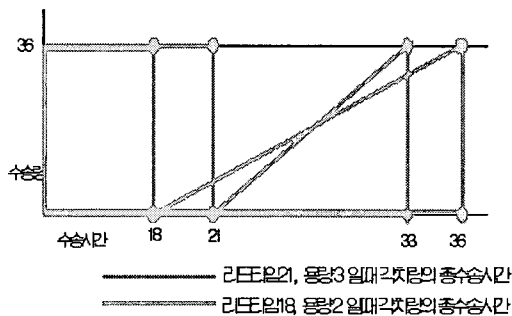
| 경로용량    | 최적경로                 | 총 전송시간          |
|---------|----------------------|-----------------|
| $c > 2$ | 1→2→5→11→12→18→19→24 | $18 + \sigma/2$ |
| $c > 3$ | 1→2→5→11→12→13→14→24 | $21 + \sigma/3$ |
| $c > 4$ | 경로없음                 | $\infty$        |



[그림 4] 각 경로용량별 총 전송시간

한편, 수송비용 관점에서는 생산된 제품들을 수송하기 위한 차량들의 총 운송시간(이동시간 및 지연시간 포함)을 고려하여 수송비용이 최소화되는 수송경로를 결정해야할 필요성이 제기된다.

앞서 언급한 네트워크를 대상으로 차량 36대를 보낸다고 가정하고 경로별 총 운송시간을 구해보기로 하자. 먼저 경로용량 2를 갖는 경로로 수송했을 때 총 운송시간은 648 (각 차량별 이동시간 18 \* 차량 댓수 36) 만큼의 이동시간과 경로용량 2를 통과할 때 지연되는 324 (차량별 평균 지연시간) 만큼의 지연시간을 합산한 972 가 되며, 경로용량 3을 갖는 경로로 수송했을 때의 총 운송시간은 756 (21\*36) 만큼의 이동시간과 경로 용량 3을 통과할 때 지연되는 차량별 평균 지연시간 216을 합산한 972 만큼의 시간이 걸린다([그림5] 참조).



[그림 5] 경로별 차량의 총 운송시간

즉, 차량 36대를 경로용량 2인 경로로 수송할 경우에 이동시간은 경로용량 3인 경로보다 작지만 경로용량으로 인한 지연시간의 증가로 총 운송시간 측면에서는 동일한 결과를 가져오며, 이로 인해 수송비용측면에서는 총 운송비용을 고려하여 수송비용이 최소화되는 수송경로를 결정해야됨을 알 수 있다.

임의의 경로  $p$ 를 통하여 차량수  $\sigma$ 를 수송할 때의 총 운송시간은 다음과 같은 수식으로 표현할 수 있다.

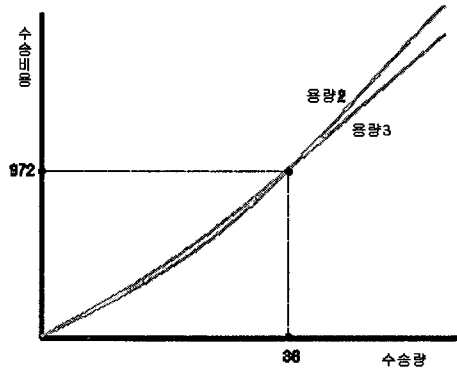
$$TT = k(p) \times \sigma + \frac{\sigma^2}{2c(p)}$$

여기서,

- TT : 총 운송시간
- $\sigma$  : 수송할 차량 수 (혹은 수송량)
- $k(p)$  : 경로  $p$ 의 리드타임
- $c(p)$  : 경로  $p$ 의 용량

또한, 앞서 언급한 네트워크를 대상으로 수송

할 차량 댓수  $\sigma$  값의 변화에 따른 최적경로를 구하면 [그림 6]과 같으며, 각 경로별 총 운송시간이 같아지는  $(18 \times \sigma + \frac{\sigma^2}{2 \times 2} = 21 \times \sigma + \frac{\sigma^2}{2 \times 3})$  36을 기준으로 최적경로가 달라지는 것(차량수가 36보다 크면 용량 3인 경로, 작으면 용량 2인 경로)을 볼 수 있다.



[그림 6] 각 경로용량별 총 운송시간

이와 같은 결과들을 종합하여 보면, 전송량 혹은 수송량에 따라 최속경로가 변하게 되므로 수송문제에서는 수송될 제품의 수량이 수송비용에 영향을 주며, 수송될 제품의 수량은 생산계획에 따라 결정되므로, 기존의 생산비용만을 고려한 생산계획이 최적일 수 있어 생산비용과 수송비용을 고려한 통합 생산·수송계획의 연구가 필요함을 알 수 있다.

총 운송비용을 척도로 한 최속경로 도출방법은 통합 생산·수송 최적화 알고리즘에서 경로 선정 및 적합도 함수의 일부로 사용된다.

#### 4. 유전 알고리즘을 이용한 생산계획

생산문제에서 주어진 기간의 수요량에 맞게 생산량과 재고량을 결정하여 최소의 생산비용을 산출하는 것은 문제의 크기가 커짐에 따라서 최적해를 구하는 시간이 기하급수적으로 증가하는 NP hard 문제이기 때문에 경험적인 기법인 유전알고리즘을 이용하여 공급사슬 각 단계의 생산 문제를 다루고자 한다.

일반적인 유전알고리즘은 문제의 기본 해를 유전자(Gene)라고 불리는 문자나 기호의 배열인 염색체(Chromosome)로 표현하고, 초기에 이러한 해로 해집단을 구성한다. 그 후 구성된 해집단에 선택과 유전 연산자에 해당하는 교차, 돌연변이 과정을 통해 새로운 세대를 형성하고

이러한 세대를 통한 진화를 거쳐 우수한 해를 찾는 방식으로 볼 수 있다. 분배센터에서 제품에 대한 기간별 수요량이 주어졌을 때, 어느 기간에 얼마만큼을 생산할 것인가에 관련된 생산계획의 유전적 표현을 위하여 다음과 같은 이진표현 방법을 사용하고자 한다.

- $V_k$  1 : 기간  $k$ 에 생산 함
- $V_k$  0 : 기간  $k$ 에 생산 안 함

[표 2]는 제품에 대한 기간별 수요량이 임의로 주어졌을 때 생산기간 및 조달기간을 고려한 생산계획의 유전적 개체표현방식의 한 예로, 염색체가 의미하는 바는 기간 1, 4, 5, 8에서만 생산하여 전 기간의 수요량을 충족시킨다는 것이다. 이로 인하여 기간 1에서는 기간 1의 수요량뿐만 아니라 생산하지 않는 기간 2와 3의 수요량을 포함한 50 (30+10+10)을 생산하여야 하며, 같은 방법으로 기간 5에서의 생산량은 기간 5, 6, 7의 수요량을 합한 55 (15+30+10)가 된다. 또한, 기간 4와 8에서의 생산량은 해당기간의 수요량과 동일하다.

[표 2] 생산계획의 유전적 표현

|     |    |    |    |    |    |    |    |    |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 기간  | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  |
| 수요량 | 30 | 10 | 10 | 20 | 15 | 30 | 10 | 15 |
| 염색체 | 1  | 0  | 0  | 1  | 1  | 0  | 0  | 1  |
| 생산량 | 50 | 0  | 0  | 20 | 55 | 0  | 0  | 15 |

이와 같은 유전적 표현에 의해 초기 해집단이 생성이 되면 해의 진화와 탐색을 위해 교차와 변이 연산을 수행해야 한다. 일반적으로 교차 연산은 두 개체가 갖는 유전자를 조합하여 또 다른 개체를 만들어 내는 과정으로, 한 개체의 좋은 형질이 가능한 파괴되지 않고 생성된 개체에 상속될 수 있어야 한다. 돌연변이 연산은 기존 개체에 없는 속성을 도입하여 탐색공간을 넓히는데 목적이 있는 것으로, [0, 1]사이의 난수를 발생시켜 주어진 돌연변이 확률(변이율)보다 작은 수가 나오면 해당 유전인자를 변형시켜 보다 넓은 범위의 탐색을 도와주는데, 만약 돌연변이 확률을 너무 높게 하면 임의 탐색과 비슷한 경향을 보이고 너무 낮으면 국부 최적점에 수렴할 우려가 있으므로 신중히 선택해야 한다.

### 5. 생산·수송문제의 최적화 알고리즘

생산계획과 수송계획을 통합한 생산·수송문제의 최적화 알고리즘은 총 운송비용을 척도로 한 최속경로 도출 해법을 이용하여 경로 선정 및 이에 따른 수송비용을 구하고, 이를 유전알고리즘을 이용한 생산계획 수립시의 적합도 함수에 포함하여 생산비용과 수송비용의 합이 최소가 되도록 구성하였으며, 이에 따른 최적화 알고리즘의 세부적인 절차는 다음과 같다.

- 단계 1. 주어진 네트워크를 대상으로 공장에서 분배센터까지의 경로용량별 최단경로를 산출한다.
- 단계 2. 총 운송시간 척도로 수송량 변화에 따른 최속경로를 선정한다.
- 단계 3. 최속경로가 변경되는 시점의 수송량을 산출한다.
- 단계 4. 생산계획의 유전적 표현인 유전 염색체들의 초기모집단을 생성한다.
- 단계 5. 생성된 초기 염색체들에 대한 적합도를 평가하여 다음 세대의 유전 염색체들을 생성한다. 적합도 평가시의 적합도 함수는 다음과 같다.  
적합도함수 (생산비용+준비비용+재고유지비용)+수송비용
- 단계 6. 좋은 진화와 빠른 탐색을 위하여 주어진 유전염색체들을 대상으로 유전자 연산을 수행한다.
- 단계 7. 새로 생성된 모집단을 다시 적합도 함수로 평가하여 주어진 종결조건에 맞으면 종결하고, 그렇지 않으면 다시 단계 5로 돌아간다. 이러한 모든 과정을 종결조건, 즉 적합도 함수의 변화가 없을 때까지 수행한다.

본 연구에서의 유전알고리즘을 이용한 생산계획과 최속경로를 고려한 수송계획을 효율적으로 통합관리할 수 있는 생산·수송문제의 최적화 알고리즘을 설명하기 위하여 앞서 소개한 실제 서울시 강남구의 교통상황을 적용하여 보기로 한다.

최적화 알고리즘의 단계 1에서 단계 3까지는 최속경로문제를 이용하여 최적 경로 선택과 수송비용을 산출하는 단계로, 이를 적용하여 경로용량별 최단경로와 총 운송시간 척도로 최속경로가 변경되는 수송량을 구한 결과는 [표 3]과 같다.

이미 제시한 바와 같이 총 운송시간 척도로 최속경로가 변경되는 시점의 수송량은 36

$(18 \times \sigma + \frac{\sigma^2}{2 \times 2} \quad 21 \times \sigma + \frac{\sigma^2}{2 \times 3})$  이므로, 수송량 36을 기준으로 미만이면 용량 2를 가진 경로가 최속경로이며, 그 이상이면 최속경로가 용량 3을 가진 경로로 변경됨을 알 수 있다. 또한, 수송량이 주어지면, 그에 해당하는 최속경로의 총 운송시간을 이용하여 수송비용을 계산할 수 있다.

[표 3] 경로 용량별 최적경로

| 경로 용량   | 최속경로                 | 총 운송시간                          | 최적 경로조건           |
|---------|----------------------|---------------------------------|-------------------|
| $c > 2$ | 1→2→5→11→12→18→19→24 | $18 \times \sigma + \sigma^2/4$ | $36 < \text{수송량}$ |
| $c > 3$ | 1→2→5→11→12→13→14→24 | $21 \times \sigma + \sigma^2/6$ | $36 > \text{수송량}$ |

다음으로 분배센터에서의 기간별 수요량이 [표 4]와 같이 주어졌다고 가정하면, 가능한 생산계획의 유전적 해의 표현방법(전체 모집단)은 초기 수요를 만족하기 위하여 기간 1은 무조건 생산해야 함을 고려할 때 총 128 ( $2^7$ ) 가지 임을 알 수 있다.

[표 4] 분배센터에서의 기간별 수요량

| 기간  | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 수요량 | 30 | 10 | 10 | 20 | 15 | 30 | 10 | 15 |

이러한 전체 모집단을 대상으로 최적화 알고리즘의 단계 4에서 단계 7까지를 수행하면 최적해를 도출할 수 있는데, 여기서는 통합 생산·수송문제의 최적화 알고리즘에 의해 생성된 최적해가 분할하여 각각 구한 최적해와 차이가 있다는 것을 설명하기 위하여 다음과 같은 비용을 고려하기로 한다.

- 단위당 생산비 : 200원,
- 준비비용 : 1000원,
- 단위당 재고유지비용 : 50원,
- 단위 시간당 수송비용 : 1원

우선 수송비용만을 고려하여 총 운송시간을 최소화하는 최적 수송계획을 구한 결과는 [표 5]와 같으며, 이때의 생산에 따른 생산비를 구하여 총비용을 산출하면 41,470원이 됨을 알 수 있다.

또한, 수송비용을 고려하지 않고 생산비용만을 대상으로 최적 생산계획을 도출한 후, 이때의 기간별 생산량을 고려하여 수송비를 구하고, 총 비용을 계산하면 [표 6]과 같은 결과를 얻을

수 있다.

[표 5] 수송비용만을 고려한 수송계획

| 기간  | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 수송비   | 생산비    | 총비용    |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|-------|--------|--------|
| 수요량 | 30 | 10 | 10 | 20 | 15 | 30 | 10 | 15 |       |        |        |
| 생산량 | 30 | 10 | 10 | 20 | 15 | 30 | 10 | 15 | 5,470 | 36,000 | 41,470 |

[표 6] 생산비용만을 고려한 생산계획

| 기간  | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 생산비    | 수송비    | 총비용    |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|--------|--------|--------|
| 수요량 | 30 | 10 | 10 | 20 | 15 | 30 | 10 | 15 |        |        |        |
| 유전자 | 1  | 0  | 0  | 1  | 0  | 1  | 0  | 1  | 34,750 | 10,390 | 45,140 |
| 생산량 | 50 | 0  | 0  | 35 | 0  | 40 | 0  | 15 |        |        |        |
| 유전자 | 1  | 0  | 1  | 1  | 0  | 1  | 0  | 1  | 34,750 | 9,110  | 43,860 |
| 생산량 | 40 | 0  | 10 | 35 | 0  | 40 | 0  | 15 |        |        |        |
| 유전자 | 1  | 1  | 0  | 1  | 0  | 1  | 0  | 1  | 34,750 | 7,790  | 42,540 |
| 생산량 | 30 | 20 | 0  | 35 | 0  | 40 | 0  | 15 |        |        |        |

[표 5]와 [표 6]의 결과는 생산문제의 최적해를 구한 후, 수송문제를 고려하여 산출한 총비용과 수송문제의 최적해를 구한 후 생산문제를 고려하여 산출한 총비용이 서로 다르다는 것을 나타낸다. 즉, 생산문제와 수송문제를 분리하여 순차적으로 최적해를 구하는 방법은 일관성이 결여된다는 것을 알 수 있다.

한편, 본 연구에서 제시한 통합 생산·수송문제의 최적화 알고리즘을 적용하여 최적해를 도출하면 [표 7]과 같은 결과를 얻을 수 있다.

[표 7] 최적화 알고리즘에 의한 결과

| 기간  | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 생산비    | 수송비   | 총비용    |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|--------|-------|--------|
| 수요량 | 30 | 10 | 10 | 20 | 15 | 30 | 10 | 15 |        |       |        |
| 유전자 | 1  | 1  | 0  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 35,000 | 5,670 | 41,170 |
| 생산량 | 30 | 20 | 0  | 20 | 15 | 30 | 10 | 15 |        |       |        |

[표 7]의 결과에 따르면, 생산문제와 수송문제를 동시에 고려하여 도출한 최적해는 각각의 문제로 분리하여 순차적으로 구한 최적해와 다를 뿐만 아니라, 총 비용을 최소화시킴을 알 수 있다.

이에 따라, 통합공급사슬 상황에서의 생산계획과 수송계획은 서로 밀접하게 연관되어 있어 생산비용과 수송비용을 동시에 고려하여 통합한 생산·수송계획을 수립하여야 된다는 것을 알 수 있다.

## 5. 결론 및 향후 연구방향

본 연구는 단일제품, 단일단계, 다기간 공급사슬 상황에서 생산비용과 수송비용을 동시에 고려하여 생산계획 및 수송경로를 결정하는 통합 생산·수송 문제를 다루었으며, 경험적 기법인 유전알고리즘과 총 운송시간을 척도로 한 최속경로 알고리즘을 이용하여 통합 생산·수송계획을 수립하기 위한 최적화 알고리즘을 제시하였다.

최적화 알고리즘을 서울시 강남구의 교통상황을 반영하여 적용시켜 본 결과에 따르면, 생산문제와 수송문제를 분리하여 순차적으로 최적해를 구하는 방법은 문제가 있으며, 생산문제와 수송문제를 동시에 고려하여 도출한 최적해는 각각의 문제로 분리하여 순차적으로 구한 최적해와 다를 뿐만 아니라, 총 비용을 최소화시킬 수 있었다.

향후에는 본 연구의 결과를 바탕으로 공장과 분배센터의 위치 선택문제를 함께 고려한 통합공급사슬 최적화에 대한 연구를 하고자 하며, 제한된 생산용량과 수송능력을 가진 다단계 (Single vendor, Multi buyer), 다 제품, 다 기간 공급사슬상황에서의 생산 및 수송 문제를 다루고자 한다.

## Reference

[1] 김성수, 정종두, 이종현, "유전자알고리즘을 사용하여 다수최적경로를 제공할 수 있는 동적경로유도시스템의 개발", IE Interfaces 14(4), 2001.  
[2] 김숙한, 이영해, "공급사슬경영 연구의 현황 및 향후 연구방향", IE Interface, 13(3), 2000  
[3] 민유종, 김여근, "공생진화알고리즘을 이용한 SCM의 생산과 분배의 통합계획", 2002 대한 산업공학회 추계학술대회 학술지  
[4] 변명희, 양영철, 이형관, 박진우, "공급사슬에서의 분산 생산 및 분배계획의 통합에 관한 연구", 서울대학교, 2000.  
[5] 장성원, 장양자, 박진우, "유전알고리즘을 이용한 생산 및 분배 계획", 한국경영과학회

지, 26(4), 2001.  
[6] 최경현, 이현지, 박호만, "통합 공급사슬 최적화 모델에 관한 연구", 한국 산업공학회지, 13(3) pp.320 327, 2000.  
[7] Bylka, S. "A dynamic model for the single vendor, multi buyer problem", *International Journal of Production Economics*, Vol.55, pp.297 304, 1999.  
[8] Chandra, P. and Fisher, M.L. "Coordination of production and distribution planning", *European Journal of Operational Research*, Vol.72, pp.503 517, 1994  
[9] Cohen, M.A. and Lee, H.L. "Resource deployment analysis of global manufacturing and distribution networks", *Journal of Manufacturing and Operations Management*, Vol.2, pp81 104, 1989.  
[10] Chen, Y.L., Y.H. Chin, "The Quickest Path Problem", *Computers Operations Research*, Vol.17(2), pp.153 161, 1990.  
[11] Dellaert, N., "A Genetic algorithm to solve the general multi level lot sizing problem with time varying costs", *International Journal of Production Economics*, Vol.68, 2000.  
[12] Federgruen, A. and Zipkin, P., "A combined vehicle routing and inventory allocation problem", *Operations Research*, Vol.32(5), pp1019 1037, 1984  
[13] Moore, M.H., "On the fastest route for convey type traffic in flowrate constrained networks", *Transportation Science* Vol.10, pp.113 124, 1976.  
[14] Rosen, J.B., S.Z. Sun and G.L. Xue, "Algorithms for the Quickest Path Problem and the enumeration of Quickest Paths", *Computers Operations Research*, Vol.18(6), pp.579 584, 1991.  
[15] Thomas, D.J. and Griffin, P.M "Coordinated supply chain management", *European Journal of Operational Research* Vol.94, pp.1 15, 1996.  
[16] Trudeau, P. and Dror, M., "Stochastic inventory routing : route design with stockouts and route failures". *Transportation Science* Vol.26(3), pp171 184, 1992